

Capacidad de adaptación al cambio climático: estudio de caso en comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala

Climate change adaptation capacity: a case study in rural communities of northern and western Guatemala

Lorena Ninel Estrada,¹ Ottoniel Monterroso²
y Pedro Pineda³

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar la capacidad potencial de adaptación al cambio climático en áreas rurales del norte y occidente de Guatemala, con el fin de identificar los factores que pueden mejorar la

resiliencia del territorio. Se partió de la tesis principal sobre la capacidad de adaptación de las comunidades basada en características socioeconómicas y características propias del entorno natural. A partir de una

1 Universidad Rafael Landívar, investigadora del IARNA al momento de la elaboración del artículo; miembro de la Organización de Mujeres en la Ciencia para el Mundo en Desarrollo. Doctora en ciencias ambientales con amplia experiencia en turismo sostenible, adaptación al cambio climático y gestión del riesgo de desastres. Ha trabajado para la Universidad del Valle de Guatemala y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Actualmente, labora en la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. Correo electrónico: ninelestrada@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0004-8943-5365>

2 Universidad Rafael Landívar, director del IARNA al momento de la elaboración del artículo. Agrónomo y economista ambiental. Ha estudiado las interacciones economía-ambiente y ahora promueve soluciones basadas en naturaleza y de adaptación basada en ecosistemas. Trabaja en la UICN-Guatemala, fue Decano de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la URL. Coordinador nacional del proyecto de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Correo electrónico: adolfo.monterroso@iucn.org. <https://orcid.org/0009-0000-3693-791X>

3 Universidad Rafael Landívar, coordinador del Departamento de Ciencias Ambientales del IARNA. Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Biodiversidad, Doctorado en Sociología. Treinta y tres años de experiencia en gestión ambiental con énfasis en recursos naturales renovables. Correo electrónico: papineda@url.edu.gt. <https://orcid.org/0009-0007-7739-5003>

evaluación estadística del índice de adaptación al cambio climático (IACC) llevada a cabo en el 2017, se clasificaron sus 25 indicadores en cuatro grupos de acuerdo con la correlación de las variables. El IACC se aplicó en 116 comunidades en siete departamentos del país.

Se llevó a cabo un análisis multivariado (factorial y de conglomerados), así como un análisis multivariado de varianza y análisis de varianza para agrupar a dichas comunidades en cuatro conglomerados. Los resultados muestran diferencias significativas en cuanto a la adaptación al cambio climático entre las comunidades estudiadas, lo cual implica que las estrategias políticas para el territorio deben adecuarse a cada comunidad. Se concluye que el marco conceptual del IACC es una herramienta útil para analizar las capacidades de adaptación de comunidades rurales; el promedio de capacidades de adaptación de las comunidades bajo estudio fue «bajo», con 46 puntos de 100 para el IACC; por último, la construcción de resiliencia implica la colaboración activa de actores locales y nacionales con acciones diferenciadas a nivel de hogar, comunidad, gobiernos locales y el territorio.

Palabras clave: índice de adaptación al cambio climático (IACC), resiliencia, adaptación, comunidades rurales, análisis multivariado

Abstract

The aim of this study was to assess the potential capacity for adaptation to climate change in rural areas of northern and western Guatemala, with the purpose of identifying the factors that can improve the resilience of the territory. The

main thesis was based on the adaptive capacity of communities regarding socioeconomic characteristics and characteristics of the natural environment. From a statistical evaluation of the climate change adaptation index (IACC, Spanish initials) conducted in 2017, its 25 indicators were classified into four groups according to the correlation of the variables. The IACC was applied in 116 communities in seven departments of the country. Multivariate analysis (factorial and cluster) was carried out, as well as multivariate analysis of variance and analysis of variance to group those communities into four clusters. The results show significant differences in terms of adaptation to climate change among the communities under study, which implies that policy strategies for the territory must be adapted to each community. It was concluded that the IACC conceptual framework is a useful tool to analyze the adaptation capacities of rural communities; the average adaptive capacity of the communities under study was "low", with 46 points out of 100 for the IACC; finally, building resilience involves the active collaboration of local and national actors, with differentiated actions at the household, community, local governments, and territory levels.

Keywords: climate change adaptation index (IACC, Spanish initials), resilience, adaptation, rural communities, multivariate analysis

1. Introducción

Centroamérica afronta diversos retos derivados del cambio climático, lo que se ha evidenciado en los recientes eventos climáticos y sus consecuentes impactos sociales y económicos (Sönke et al., 2016; Eckstein et al., 2017; Eckstein et al., 2020). Por ello,

es importante analizar las características y barreras locales existentes para la adaptación al cambio climático, a partir de lo cual se pueden promover políticas adecuadas y redirigir la inversión pública y privada de desarrollo. Este artículo parte de la agenda de investigación del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna) y analiza la capacidad potencial de adaptación al cambio climático de áreas rurales del norte y occidente guatemaltecos, con el fin de determinar los factores que pueden mejorar su resiliencia. Lo anterior, frente al hecho de que no solo es necesario identificar a las comunidades vulnerables, sino que se debe proveer información sobre las causas de dicha vulnerabilidad e identificar las respuestas más apropiadas para gestionarla y reducirla (Bele et al., 2013).

A partir del modelo socioecológico y sus atributos (Gallopín, 1994, 2003, 2006), el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (Iarna) (2014) desarrolló el índice de adaptación al cambio climático (IACC), ajustado por Estrada (2017), el cual se utilizó para identificar los factores y variables que mejor describen a las comunidades ubicadas en el norte y occidente del país, así como su capacidad potencial de adaptación ante el cambio climático. La tesis principal que se deriva del presente estudio es que la capacidad de adaptación de las comunidades rurales se compone de dos factores: por un lado, las características socioeconómicas, divididas en tres niveles —hogar, comunidad y gobierno local o nacional—; y por otro, son importantes las cualidades propias del entorno natural a nivel de paisaje, es decir, la provisión de bienes y servicios ecosistémicos.

En primer lugar, se ofrece un breve contexto del cambio climático y su impacto a corto y largo plazo para Guatemala; posteriormente, se indican las principales bases teórico-conceptuales sobre adaptación y resiliencia. Además, se incluye la descripción del análisis de índole cuantitativa utilizado para su desarrollo, el cual se basa en un extenso trabajo de levantamiento de información en campo y su análisis de gabinete, recurriendo a pruebas estadísticas multivariadas. En seguida, se presentan las aplicaciones de las bases teórico-conceptuales antes mencionadas para el análisis de las comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala. Se cierra el artículo con las conclusiones más relevantes.

2. Antecedentes y bases teórico-conceptuales

2.1 Antecedentes sobre el cambio y la variabilidad climática en Guatemala

Indudablemente, el cambio climático afecta actualmente a la región centroamericana y lo seguirá haciendo en las décadas por venir. Es importante, en consecuencia, diferenciar entre sus impactos a corto y largo plazo. En el corto plazo, puede esperarse un mayor número de eventos climáticos extremos, tales como sequías, exceso de lluvias, inundaciones, deslizamientos, heladas, erosión o incendios (Biota S. A. y The Nature Conservancy [TNC], 2014). En el mediano y largo plazo (en un horizonte que alcanza el 2050 hasta el 2080), se proyectan cambios sobre la media de la temperatura y humedad de la región centroamericana, lo que modificará las condiciones de los ecosistemas y,

con ello, la flora y fauna características de cada territorio (Iarna, 2011).

En cuanto al momento actual, con miras a acentuarse en el corto plazo, puede indicarse, como ejemplo, que los eventos climáticos que más daños han causado en términos de personas afectadas durante los últimos treinta años han sucedido del 2009 a la fecha. Estos eventos son: a) la sequía del 2009, con 2.5 millones de personas afectadas; b) la tormenta tropical Agatha del 2010, con cerca de 400 000 personas afectadas y deslizamientos de tierra que provocaron la muerte de más de 200 personas; c) la depresión tropical 12-E del 2011, que causó inundaciones y deslizamientos de tierra (500 000 personas afectadas); d) sequías y posteriormente exceso de precipitación en el 2014, lo que afectó a 1.3 millones de personas; e) la sequía del 2018, con 1.5 millones de personas afectadas (EM-DAT, 2020); f) la tormenta tropical Amanda, que en el 2020 dejó un total de 306 000 personas afectadas; g) las tormentas Eta y Iota, que en noviembre del 2020 dejaron 2 415 888 y 131 298 personas afectadas, respectivamente; y g) el huracán Julia, que dejó un total de 457 311 personas afectadas en el 2022 (EM-DAT, 2024).

Se ha documentado que los agricultores del país ya están percibiendo variaciones del clima. Por ejemplo, TNC (2015) sistematizó las experiencias de productores del altiplano occidental, quienes indicaron que los cultivos se han visto afectados por heladas fuera de temporada, por retrasos en la entrada de lluvias o por canículas muy largas. Por su parte, en el estudio de la Asociación de Servicios Comunitarios de Salud (Asecsa)

e Iarna (2014) se entrevistó a productores de Chimaltenango, quienes comentaron sobre sus experiencias del 2009 (año seco) y 2010 (año lluvioso), encontrándose que en los años de excesiva lluvia se tuvieron pérdidas de cosechas de hasta un 75 %, mientras que en los años secos la pérdida alcanzó un 50 % de la producción.

En cuanto a los escenarios de largo plazo, se proyecta que en Centroamérica pueden esperarse aumentos de temperatura y alteraciones en el ciclo hidrológico, lo cual provocaría ambientes más secos (Iarna, 2012). Con base en dichos escenarios, se proyectaron los cambios probables en los ecosistemas de Guatemala, encontrándose que, para el 2080, los bosques secos y muy secos (que ahora representan el 20 % del territorio nacional) pasarán a conformar más del 65 % del territorio nacional. Esto implica que habrá una reducción de la cobertura de los bosques húmedos, muy húmedos y pluviales, que se reducirá de 80 % a 60 % en el 2050 y a menos del 35 % en el 2080. Esta situación se espera incluso bajo los escenarios más optimistas frente al cambio climático (Iarna, 2011).

La diferenciación entre los impactos de corto y largo plazo permite argumentar que la adaptación al cambio climático requiere, en el corto plazo, de sistemas de alerta temprana enfocados en disminuir los impactos negativos de eventos extremos. En el largo plazo, en cambio, se requiere transformar los sistemas productivos actuales hacia otros que sean capaces de responder a las nuevas condiciones de temperatura y humedad que predominarán en el país.

2.2 Resiliencia y adaptación al cambio climático

Investigaciones recientes sobre los sistemas socioecológicos (Van Assche *et al.*, 2019) centran el estudio de la adaptación al cambio climático en torno al análisis de la resiliencia (Cumming, 2011). El término «resiliencia» se define como la capacidad de un sistema de soportar cambios externos, respondiendo activa y positivamente ante ellos (Giddens, 2009). El Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) conceptualiza la resiliencia como «la habilidad de un sistema social o ecológico de absorber perturbaciones y retener la misma estructura básica, así como formas de funcionar, la capacidad de auto organización, y la capacidad de adaptarse naturalmente al estrés y al cambio» (IPCC, 2007, p. 3). Meadows (2008) agrega que la resiliencia se refiere a la capacidad de un sistema para la autoorganización y la construcción de nuevos sistemas en una estructura jerárquica vertical, lo que implica que la resiliencia incluye los procesos de absorción, adaptación y transformación. Asimismo, el último informe del IPCC (2022) establece el concepto de resiliencia con algunas variantes:

la resiliencia, que puede referirse a un proceso o a un resultado, abarca no solo el concepto de mantener una función, identidad y estructura esenciales, sino también el mantenimiento de una capacidad de transformación. Tales transformaciones plantean cuestiones de justicia, poder y política. (p. 123)

La resiliencia es, por lo tanto, un atributo o propiedad de los sistemas socioecológicos.

Para que un sistema sea resiliente, debe tener capacidades propias de respuesta ante eventos externos. En los sistemas socioecológicos, el ajuste de procesos debe realizarse en las instituciones, asegurando el autoaprendizaje y empoderamiento de los actores sociales.

La «adaptación», por su parte, se refiere a los cambios internos del sistema socioecológico en respuesta a los impactos del cambio climático actuales y esperados. La adaptación implica aquellas acciones que se implementan ante las consecuencias del cambio climático con lógica preventiva y remedial (Giddens, 2009; Moser y Ekstrom, 2010). Frente a la envergadura de la crisis climática, se prevé que la adaptación sería estructural. El IPCC (2007) identifica tres tipos de estrategias de adaptación al cambio climático: a) adaptación preventiva, la cual toma lugar antes de que los impactos sean observados; b) adaptación autónoma, que no es una respuesta consciente, pero se da a partir de cambios ecológicos en sistemas naturales y humanos; y c) la adaptación planificada como resultado de decisiones políticas deliberadas, basadas en el conocimiento del cambio en las condiciones y en las acciones requeridas para alcanzar un estado deseado.

Para diagnosticar la resiliencia de un sistema socioecológico, se debe analizar su respuesta a situaciones externas en un horizonte temporal definido. Ello requiere, por lo tanto, del desarrollo de modelos dinámicos de simulación. Sin embargo, puede argumentarse que una forma indirecta de calcular la resiliencia de un sistema socioecológico es determinar la capacidad del sistema

para implementar acciones, preventivas o reactivas, ante eventos climatológicos; es decir, se puede medir la capacidad de adaptación del sistema.

En la actualidad, existe una gama de marcos de medición de la capacidad de adaptación al cambio climático. Ejemplo de ellos son el índice de vulnerabilidad climática (Sullivan y Huntingford, 2009); el índice de resiliencia, medición y modelo de análisis, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) (2010); el índice de cambio climático (International Geosphere-Biosphere Programme [IGPB], 2013); la evaluación de resiliencia basada en la comunidad, desarrollada por el United Nations Development Programme (UNDP) (2013); el índice de vulnerabilidad costera relativa en un entorno de mareas macro para la adapta-

ción al cambio climático (Tibbetts y Proosdij, 2013); y la autoevaluación y evaluación holística de la resiliencia climática de agricultores y pastores (FAO, 2014).

El Iarna, por su parte, desarrolló el índice de adaptación al cambio climático (IACC) (Iarna, 2014), el cual representa una iniciativa basada en el sistema socioecológico para medir la adaptación y la resiliencia al cambio climático, contextualizando la propuesta a la situación guatemalteca. El IACC toma como base los siguientes atributos del sistema socioecológico (Gallopín, 2003): disponibilidad de recursos, homeostasis general, capacidad de respuesta, autosuficiencia, empoderamiento y adaptabilidad y flexibilidad. Así, se plantea que la capacidad potencial de adaptación puede calcularse analizando las características socioeconómicas subdivididas en los nive-

Tabla 1

Marco de ámbitos e indicadores que componen el IACC, adaptado para comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala

Criterios socioeconómicos	Criterios de territorio
Riqueza en hogar (disponibilidad de recursos)	Condición del territorio
1.1 Condición de pobreza general (riqueza)	4.1 Disponibilidad de agua
1.2 Acceso a crédito	4.2 Cobertura forestal
1.3 Asistencia técnica	4.3 Agricultores que aplican medidas de conservación de suelos
1.4 Escolaridad	4.4 Áreas protegidas legalmente establecidas
1.5 Necesidades básicas insatisfechas (NBI): salud, educación, agua, saneamiento, infraestructura versus necesidades básicas satisfechas (NBS) (valor invertido)	4.5 Conflictos de uso del suelo
1.6 Índice de electrificación	4.6 Nivel de riesgo (nivel de amenazas)
1.7 Diversidad de fuentes de ingreso económico	4.7 Diversidad actual y potencial de agrosistemas
	4.8 Densidad de ecosistemas naturales

Criterios socioeconómicos	Criterios de territorio
<p>Capacidad de respuesta comunitaria</p> <p>2.1 Acceso a salud</p> <p>2.2 Criminalidad</p> <p>2.3 Prevalencia de enfermedades (salud)</p> <p>2.4 Empoderamiento de la mujer</p> <p>2.5 Nivel de participación en organizaciones prodesarrollo</p>	<p>Capacidad de respuesta municipal</p> <p>3.1 Inversión municipal</p> <p>3.2 Gasto ambiental/adaptación</p> <p>3.3 Gasto para la gestión del agua</p> <p>3.4 Conocimiento sobre adaptación</p> <p>3.5 Plan de ordenamiento territorial explícito y en ejecución</p>

Fuente: elaboración propia con base en datos tomados del Iarna (2014) y Estrada (2017).

les doméstico, comunitario y municipal, así como por el conjunto de características de los bienes y servicios ecosistémicos a nivel del territorio. Estrada (2017) llevó a cabo una evaluación estadística de la propuesta inicial del IACC, a partir de la cual se agruparon sus 25 indicadores en cuatro grupos de acuerdo con la correlación de las variables.

La tabla 1 muestra la estructura de indicadores que componen el IACC de comunidades rurales, abordando aspectos socioeconómicos, biofísicos e institucionales. En total, se incluyen 25 indicadores, subdivididos en cuatro criterios de análisis.

3. Descripción del análisis multivariado

Los indicadores de la tabla 1 se obtuvieron a través de una base de datos, para la cual el Iarna (2016) realizó un trabajo de campo en 116 comunidades del norte y altiplano occidental. Se tomaron en cuenta comunidades que recibieron apoyo de proyectos de desa-

rollo internacional y comunidades no beneficiarias de proyectos.⁴ Se seleccionó una muestra estadísticamente significativa de familias: se encuestó a 621 hogares en el 2014 y a 747 hogares en el 2016. Se contó con una base de datos inicial de 69 variables (Iarna, 2016), la cual fue ajustada por Estrada (2017) para conformar el índice de adaptación al cambio climático utilizado en este estudio.

Para empezar, la medida de muestreo Kaiser-Meyer Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett confirmaron la idoneidad de la muestra (0.689) con respecto al nivel de correlación entre las variables. Se desarrolló un análisis multivariado que consistió en análisis factorial y de conglomerados (exploratorio y confirmatorio) para agrupar a las comunidades con capacidades de adaptación similares, un análisis de varianza multivariado y un análisis de varianza para establecer diferencias significativas entre grupos o conglomerados. El análisis estadístico se llevó a cabo en XLSTAT (2017), SPSS v.24 (IBM Corp., 2016) e InfoStat (Di Rienzo *et al.*,

4 La base de datos es la *Encuesta de Monitoreo y Evaluación del Programa del Altiplano Occidental (Emepao)*, realizada por el Proyecto Usaid-Guatemala n.º AID-520-C-13-00001, en contrato con DevTech Systems, Inc., y donde el Iarna fue socio local. El contenido expresado aquí es responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (Usaid) o del Gobierno de los Estados Unidos de América.

2015), de acuerdo con las necesidades de análisis para cada paso metodológico.

Mediante el análisis factorial exploratorio, se agruparon las variables en siete factores, para luego llevar a cabo un análisis confirmatorio de cuatro factores. Con base en esos cuatro factores, se llevó a cabo un análisis de conglomerados exploratorio, el cual generó dos grupos de comunidades y, una vez realizado el análisis de conglomerados confirmatorio, se agruparon dichas comunidades en cuatro grupos.

El grupo 1 englobó a 60 comunidades, el grupo 2 a 6, el grupo 3 a 37, mientras que el grupo 4 agrupó a 13, para un total de 116 comunidades. Mediante el análisis de varianza multivariado para los conglomerados, utilizando los factores y mediante la prueba de Hotelling, se determinó que existen diferencias significativas entre conglomerados (nivel de significancia menor a 0.05 (< 0.0001); mientras que el análisis de varianza para los factores utilizando la prueba Duncan estableció que todos mostraron diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

Las comunidades que conforman el estudio de caso se encuentran ubicadas en Petén (19), Alta Verapaz (18), Huehuetenango (35), Quiché (22), Totonicapán (3), San Marcos (18) y Quetzaltenango (1). La figura 1 muestra la ubicación de las comunidades con base en los grupos o conglomerados.

4. Desarrollo del estudio

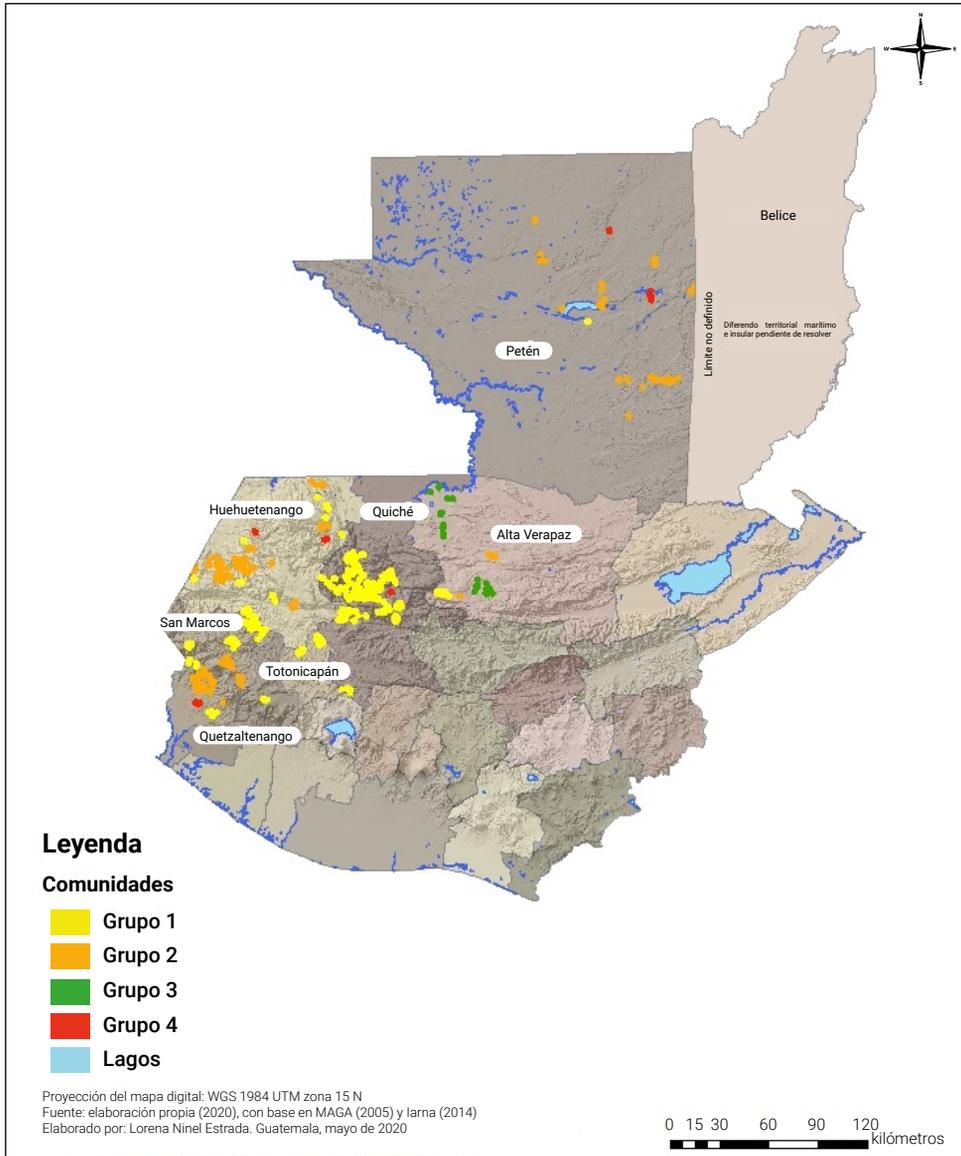
4.1 Resultados generales del índice de adaptación al cambio climático (IACC)

La figura 2 muestra los resultados del IACC de las 116 comunidades evaluadas del occidente y norte del país, según los valores promedio de los indicadores. Puede apreciarse que, en términos generales, la muestra de comunidades obtuvo un valor promedio de 47 puntos (de 100 posibles) en la calificación del IACC. Esto significa que las comunidades analizadas tienen atributos propios de orden institucional, socioeconómico y biofísico mermaados que les dificultan enfrentar las nuevas condiciones que impone el cambio climático. Esta realidad es crítica porque en la actualidad afecta directamente a las comunidades, las personas y sus medios de vida.

Es importante analizar los resultados del IACC según los criterios que lo componen. En cuanto a los aspectos socioeconómicos, el primer criterio de análisis es la disponibilidad de recursos del hogar, donde el IACC toma en cuenta indicadores tales como la condición de pobreza general, el nivel de educación y la diversidad de fuentes de ingreso. Otras propuestas de indicadores también se enfocan en variables socioeconómicas para evaluar el potencial de adaptación a nivel de hogar. Por ejemplo, Abdul-Razak y Kruse (2017) caracterizaron la capacidad adaptativa de pequeños agricultores en el África subsahariana mediante un marco de indicadores que tomó en cuenta los recursos económicos, concienciación y capacitación, capacidad tecnológica, infraestructura, capital social e instituciones.

Figura 1

Capacidad de adaptación al cambio climático de comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala en el área de estudio



Nota. Comunidades distribuidas por grupo o conglomerado, según los indicadores del IACC de Guatemala. Grupo 1 (60 comunidades), grupo 2 (6 comunidades), grupo 3 (37 comunidades) y grupo 4 (13 comunidades), para un total de 116 comunidades. Fuente: elaboración propia.

Asimismo, Huynh y Stringer (2018) eligieron indicadores sociales, financieros, humanos, naturales, físicos y de diversificación de medios de vida para medir la vulnerabilidad a nivel de hogar. Tiltonell (2014) afirma que los hogares cuyos recursos naturales, financieros y humanos se ven disminuidos son más vulnerables a caer en la pobreza, lo cual puede influir en cambios drásticos en sus fuentes de ingreso o medios de vida, abriendo aún más la brecha entre ricos y pobres. Es por ello que la diversificación de los medios de vida puede jugar un papel importante en la reducción de los riesgos asociados con el estrés climático (Goulden et al., 2013).

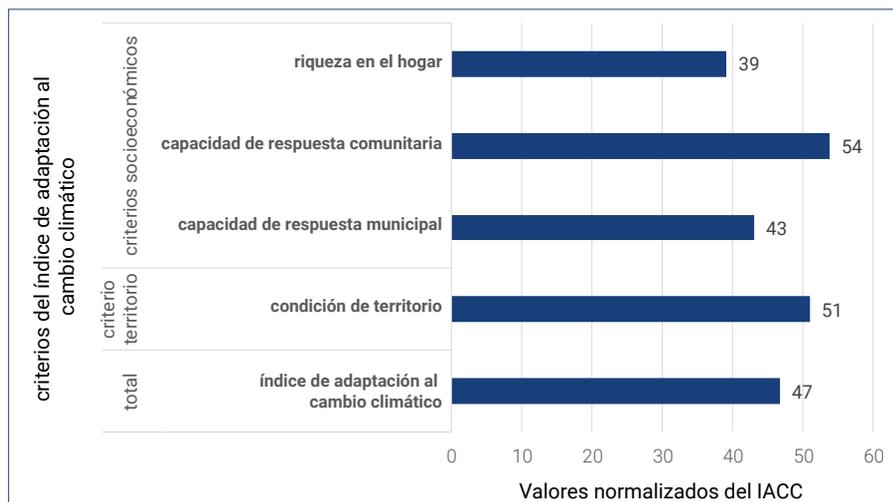
En la muestra de 116 comunidades del norte y occidente guatemaltecos, la «disponibilidad de recursos a nivel de hogar» obtuvo un promedio de 39 puntos de 100, siendo el valor más bajo de todos los criterios analizados (ver figura 2). Los indicadores muestran, por ejemplo, que del 45 % de las comu-

des que se encuentran en pobreza, solo el 14 % de los hogares tiene acceso al crédito y que el promedio de educación del jefe de familia es de 5.7 años de escolaridad formal.

El segundo criterio socioeconómico es la «capacidad de respuesta comunitaria», el cual toma en cuenta indicadores como salud, prevalencia de enfermedades y empoderamiento de la mujer. La capacidad de respuesta a nivel de comunidad se ha utilizado como un marco para entender y propiciar el bienestar de las comunidades y sistemas socioecológicos rurales vinculados al bosque (Akamani et al., 2015). Huynh y Stringer (2018) proponen que las variables relacionadas con gobernanza y capacidad institucional determinan el rango de adaptación de las comunidades, su efectividad de respuesta y políticas, y su capacidad para resistir al cambio climático. Asimismo, el empoderamiento de las mujeres rurales juega un papel importante en la erradicación

Figura 2

Resultados del IACC de 116 comunidades del occidente y norte de Guatemala (valores normalizados y promedios de las comunidades)



Fuente: elaboración propia.

de la pobreza y el hambre bajo condiciones climáticas cambiantes, mediante su trabajo en pro del bienestar de sus hogares (Meyiwa *et al.*, 2014).

En las comunidades muestreadas, la «capacidad de respuesta comunitaria» fue el aspecto mejor evaluado, con 54 puntos de 100 (ver figura 2). Los indicadores de este criterio muestran que el 42 % de los hogares participa en alguna organización comunitaria y que el índice de criminalidad de 2 homicidios por cada 100 000 habitantes está muy por debajo de la media nacional de 24.9, registrada en el 2016 (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2018).

El hecho de que la respuesta comunitaria sea el criterio mejor evaluado puede deberse, en parte, a que la sociedad guatemalteca rural (e indígena) está sustentada en valores comunitarios más que en valores individuales. Esto significa que muchos hogares rurales del país priorizan el bienestar comunitario sobre el personal, como una estrategia para hacer frente a los desafíos de desarrollo que afrontan. Esta visión comunitaria ha sido la base para conservar los bosques y los recursos naturales locales. Dicho aspecto debe tomarse en cuenta para el diseño de políticas de adaptación al cambio climático, como el punto de partida para fortalecer los demás aspectos necesarios para la adaptación.

El tercer criterio de análisis del IACC, correspondiente a las características socioeconómicas (e institucionales oficiales), es la «capacidad de respuesta municipal», el cual toma en cuenta indicadores como inversión municipal, gasto para gestión del agua y existencia de planes de ordenamien-

to territorial. Los gobiernos municipales son un elemento clave para la adaptación local a los impactos del cambio climático (Measham *et al.*, 2011; Pasquini *et al.*, 2015); sin embargo, la planificación municipal se ve restringida por la falta de recursos e información, así como la ausencia de liderazgo y agendas de trabajo (Measham *et al.*, 2011). En este sentido, el acceso al conocimiento, la disponibilidad de recursos y la estabilidad política son factores que pueden afectar positivamente la integración a la planificación municipal de la adaptación al cambio climático (Pasquini *et al.*, 2015).

Para las comunidades muestreadas, la «capacidad de respuesta municipal» fue el segundo criterio con calificación más baja, con 43 puntos de 100 (figura 2). Este puntaje se debe a que ninguna de las municipalidades contaba con un plan de ordenamiento territorial al momento de la encuesta y solo el 58 % de los personeros municipales encuestados contaba con conocimientos sobre cambio climático.

El cuarto criterio de análisis del IACC toma en cuenta las «condiciones del territorio», es decir, la capacidad de gestionar adecuadamente los bienes y servicios ecosistémicos. Se representa con indicadores como disponibilidad de agua, cobertura forestal y densidad de ecosistemas naturales. En países en desarrollo, los bosques juegan un papel importante en el suministro de bienes y servicios, pero dichos ecosistemas se encuentran bajo presión debido a prácticas de manejo no sostenibles, cambio de uso de la tierra y presiones derivadas del cambio climático (Robledo *et al.*, 2012; Casey *et al.*, 2016). No obstante, detrás de esas pre-

siones operan aspectos como la marginalidad social, la estructura agraria, el acceso a energía, la arbitrariedad de las políticas públicas y otros. Los ecosistemas forestales sustentan las estrategias de adaptación de las comunidades cercanas, mientras que los bosques saludables reducen el riesgo a desastres durante eventos climáticos extremos (Robledo et al., 2012).

La resiliencia derivada de los servicios ecosistémicos se determina por procesos ecológicos y sociales, para lo cual es de vital importancia la capacidad adaptativa de las comunidades a los cambios y perturbaciones. Algunas veces, el sistema social es capaz de adaptarse a los cambios en los ecosistemas provocados por el clima y así mantiene el bienestar de las poblaciones (Seidl et al., 2016). La evaluación de los bienes y servicios ecosistémicos ha sido un objetivo de estudio de las diferentes entregas del *Perfil Ambiental de Guatemala* (Iarna, 2012), donde se ha fundamentado la necesidad de sostener la base natural como requisito necesario para el desarrollo sostenible.

Las comunidades evaluadas promediaron 51 puntos de 100 en el criterio de «condición de territorio» (ver figura 2), el cual incluye, como ya se dijo, indicadores como disponibilidad de agua, cobertura forestal y conflictos de uso del suelo. Este fue el segundo criterio más alto de la muestra de comunidades. Los indicadores con mejor puntaje fueron la presencia de cobertura forestal en el 74 % del territorio de las comunidades encuestadas y el uso correcto del suelo en el 73 % del territorio.

De esta revisión se puede resaltar la importancia de contar con un marco de análisis integral para medir la capacidad de respuesta ante el cambio climático. Este marco debe considerar los diversos niveles de la capacidad de respuesta rural, tal como lo muestra el IACC utilizado en este estudio de caso. El IACC permitió identificar que las principales debilidades de las áreas rurales del occidente y norte del país para afrontar el cambio climático se encuentran en el alto nivel de pobreza de los hogares, así como en la debilidad de las instituciones (en este caso, las instancias municipales). Las principales fortalezas están en el carácter comunitario de la sociedad rural nacional, así como la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, aunque este aspecto tiende al deterioro.

4.2 Agrupación de comunidades según el análisis multivariado

El ejercicio de conglomerados permitió profundizar en el análisis al identificar cuatro grupos de comunidades según la similitud de sus características socioeconómicas y territoriales. La figura 1 muestra la ubicación de las comunidades según departamento y grupo identificado, mientras que la figura 3 muestra los resultados del IACC. Mediante el análisis de conglomerados se obtienen grupos con la menor varianza entre comunidades a lo interno de cada agrupación y la mayor varianza entre grupos.

El grupo 1 reúne a 60 comunidades ubicadas principalmente en Quiché, con algunas en Huehuetenango y San Marcos. Es el grupo con la calificación más alta del IACC para

las comunidades muestreadas, con 49 puntos de 100 (figura 3). Los hogares de este grupo cuentan con los ingresos más altos de la muestra; además, son comunidades con las mejores capacidades de respuesta y se encuentran ubicadas en municipios con potencial de adaptación medio (aunque el potencial es bajo con respecto a un nivel óptimo). Las características territoriales, aunque bajas con respecto a la muestra, no son significativamente diferentes a la media de las comunidades muestreadas. El 30 % de los hogares de este grupo recibe asistencia técnica para sus procesos productivos, ya sea de instituciones públicas o privadas (Iarna, 2014) y los jefes de familia cuentan con el mayor promedio de escolaridad (6.6 años). El 62 % de las familias aplica medidas de conservación de suelos, superando en este aspecto a los otros grupos.

El grupo 2 congrega a 37 comunidades ubicadas en Huehuetenango, San Marcos y Petén. Los hogares de este grupo poseen un ingreso menor que el del anterior, pero cuentan con capacidades comunitarias y municipales similares al grupo 1. La diferencia principal radica en que es el grupo con las mejores condiciones territoriales, tales como un mayor nivel de cobertura forestal (80 % del territorio donde se ubican las comunidades) y mayor densidad de ecosistemas (13 % del territorio de las comunidades). Este grupo cuenta, además, con el mayor acceso a salud de la muestra (0.29 médicos por 1000 habitantes) y la menor tasa de enfermedad (193.91 enfermos por 1000 habitantes).

El grupo 3 está compuesto por 13 comunidades ubicadas en Alta Verapaz y agrupa a hogares con ingresos bajos. Las capacida-

des comunitarias, municipales y territoriales son menores que las de los dos grupos anteriores. Es el grupo con la menor superficie forestal (56 % de su territorio) y la densidad de ecosistemas es la más baja, con el 8.4 % de la superficie. Los hogares cuentan con poca asistencia técnica, presentan el nivel más bajo de educación y tienen el acceso a salud más bajo (0.1 médicos por 1000 habitantes). Llama la atención, sin embargo, que este grupo cuenta con el porcentaje más alto de mujeres empoderadas, lo que se considera una fortaleza y puede ser un activo que les permite hacer frente a ciertas adversidades.

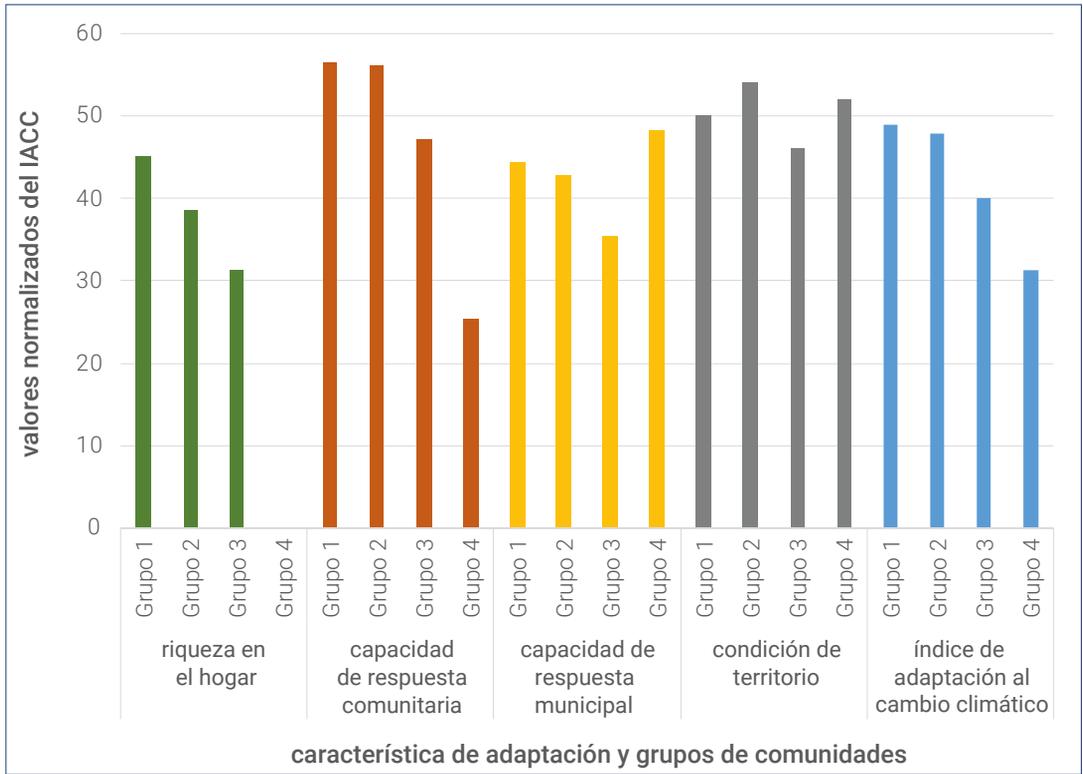
El grupo 4 reúne a 6 comunidades ubicadas en Huehuetenango, Petén, Quiché y San Marcos. Se caracteriza por agrupar a las comunidades más pobres de la muestra, que también cuentan con los niveles más bajos de capacidades comunitarias. Sin embargo, se encuentran ubicadas en municipios con fortalezas de gestión pública (por ejemplo, inversión en gestión del agua, con 30.4 %), cuentan con alta cobertura forestal (84 % de su territorio) y con la mayor densidad de ecosistemas (24.3 %). Es el grupo con la calificación más baja del IACC.

Los resultados del análisis multivariado sugieren la presencia de diferencias significativas entre comunidades rurales del país, con diferencias de hasta 18 puntos en la capacidad de adaptación al cambio climático. Por lo tanto, las estrategias políticas no pueden ser homogéneas, sino que deben adecuarse a las fortalezas y debilidades de cada comunidad.

En el análisis por grupos, nuevamente se encontró que las capacidades comunitarias y

Figura 3

Comparación de los criterios de adaptación al cambio climático según grupos de comunidades (promedio de valores normalizados por cada variable)



Fuente: elaboración propia.

la provisión de bienes y servicios ecosistémicos son los factores que más aportan a una alta calificación. Por su parte, los dos grupos de comunidades con la menor calificación de adaptación se caracterizaron por contar con medios de vida vulnerables, un bajo empoderamiento de la mujer y un bajo nivel educativo, así como poco acceso a servicios de salud. Estos resultados son similares a los encontrados por Huyn y Stringer (2018), quienes indican que las comunidades vulnerables se caracterizan por hogares con bajo nivel educativo, escasas oportunidades de fuentes de ingreso y poco acceso a capital

físico, natural, financiero y social. Todo lo anterior, junto con la falta de acceso a recursos y capacidades, dificulta que las comunidades rurales se enfrenten a los eventos extremos del clima (Bele et al., 2013).

La disponibilidad de recursos, incluyendo la disponibilidad de agua, la cobertura forestal y la densidad de ecosistemas, entre otros, son factores importantes para que las comunidades puedan adaptarse al cambio climático (Gallopín, 2003; Iarna, 2014). El porcentaje de cobertura forestal en las comunidades bajo estudio es relativamente

alto, incluso en los grupos de comunidades menos resilientes, lo que quizás ha ayudado a amortiguar los efectos del cambio climático hasta el momento; no obstante, las bajas condiciones socioeconómicas de la región ponen en peligro la permanencia del recurso forestal a largo plazo.

En cuanto a la capacidad de respuesta, referida a la habilidad del sistema socioecológico para enfrentar el cambio (Gallopín, 2003), es necesario contar con los mecanismos e instrumentos de política pública y privada que permitan a la región aplicar intervenciones prácticas y expandir su variedad de opciones de resiliencia y adaptación en contextos locales (Chanza *et al.*, 2018). El empoderamiento de la mujer es un factor clave, ya que denota su grado de participación en la sociedad para enfrentar los efectos adversos del clima (Gallopín, 2003; Meyiwa *et al.*, 2014); el mismo se relaciona con aspectos socioeconómicos como el nivel educativo y el ingreso económico.

Es necesario contemplar que los criterios que componen el IACC —sociales, económicos y ambientales— están altamente relacionados. El objetivo a largo plazo debe ser fortalecer las capacidades de adaptación de las comunidades en búsqueda de su resiliencia. En este sentido, la adaptabilidad y flexibilidad del sistema socioecológico son fundamentales para lograr las metas de resiliencia y adaptación.

Para mejorar la adaptación y la resiliencia de las zonas rurales en general, es necesario el estudio a profundidad de las formas de medición de la adaptación y la resiliencia al cambio climático. Existe una gran

cantidad de marcos de medición (Sullivan y Huntingford, 2009; FAO, 2010; IGPB, 2011; UNDP, 2013; Tibbetts y Proosdij, 2013; FAO, 2014), pero se debe trabajar en el desarrollo de herramientas que se adecuen a la realidad del contexto nacional y regional. Es por ello que el uso de herramientas desarrolladas localmente, como el IACC (Iarna, 2014; Estrada, 2017) y su validación a través de estudios como el aquí presentado ayudan a fortalecer los marcos existentes de monitoreo y evaluación de la adaptación al cambio climático y a formular una política pública apegada a la realidad nacional con enfoque territorial.

5. Discusión y conclusiones generales

El marco conceptual del IACC, fundamentado en los atributos del sistema socioecológico (Gallopín, 2003), es una herramienta útil para analizar las capacidades de adaptación al cambio climático de las comunidades rurales guatemaltecas, las cuales se estipulan en función de las características socioeconómicas (nivel de hogar, comunidad y municipal) y territoriales (provisión de bienes y servicios ecosistémicos) de dichas comunidades. El estudio sistemático de las capacidades de adaptación y resiliencia contribuye a comprender de mejor forma las fortalezas y debilidades de las comunidades rurales ante el cambio climático y a enfocar de mejor forma las políticas, estrategias diferenciadas y la asignación de recursos pertinentes para fortalecer estas aptitudes.

A nivel general, el promedio de capacidad de adaptación de las 116 comunidades estudiadas fue bajo, con 46 puntos de 100

según el IACC. Esto implica que las comunidades rurales en el área norte y occidental de Guatemala no están preparadas para hacer frente a los retos que implica el cambio climático en el país. Los criterios mejor evaluados fueron los relacionados con las capacidades comunitarias y la existencia de bienes y servicios ambientales; mientras que los que deben fortalecerse son el alto nivel de pobreza a nivel de hogar y las bajas competencias de los gobiernos municipales. Respecto al criterio mejor evaluado, se vincula con las competencias a nivel comunitario, tales como la participación en organizaciones locales y un bajo nivel de violencia comunitaria. Para promover estrategias y políticas de adaptación, debe tomarse en cuenta el fortalecimiento de los niveles existentes de participación comunitaria, sin imponer nuevas estructuras que dañen las existentes.

En el análisis a nivel de comunidad se encontraron diferencias significativas entre las 116 comunidades analizadas. Se identificaron cuatro grupos con características distintas en sus capacidades socioeconómicas y territoriales; se registró una diferencia de hasta 18 puntos del IACC entre el grupo con mayor puntaje y el de menor puntaje. Dos grupos de comunidades (grupos 1 y 2) ubicadas principalmente en Huehuetenango y Quiché se caracterizaron por una mayor riqueza del hogar, mayor promedio de escolaridad, menor prevalencia de enfermedades, mayor acceso a salud, más asistencia técnica y un mayor porcentaje de agricultores que aplican medidas de conservación de suelos. Cuentan con un nivel socioeconómico relativamente mayor, que les permite estar mejor preparados para afrontar los efectos negativos del cambio climático.

Por otra parte, dos grupos de comunidades ubicadas principalmente en Alta Verapaz y dispersas en Huehuetenango, Petén, Quiché y San Marcos (grupos 3 y 4) obtuvieron los valores más bajos del IACC. Son comunidades con mayores niveles de pobreza en el hogar y capacidades comunitarias menos fortalecidas. Se caracterizan por contar con poca asistencia técnica, un bajo nivel de escolaridad y poco acceso a salud. Sus principales fortalezas radican en la mayor cobertura forestal territorial y densidad de ecosistemas, lo que significa la presencia de bienes y servicios ecosistémicos que seguramente complementan su ingreso y se convierte en una oportunidad para promover políticas efectivas de adaptación al cambio climático.

La construcción de resiliencia implica la colaboración y un papel activo de los actores locales y nacionales, con acciones diferenciadas a nivel del hogar, la comunidad, los gobiernos locales y el territorio. Se requiere del diseño de políticas y programas flexibles que generen oportunidades de desarrollo y que estén enfocados en las poblaciones locales con menor capacidad adaptativa. El IACC, como se ha mostrado en este caso, es un instrumento que permite el diseño de dichas políticas diferenciadas por territorio y por comunidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Juventino Gálvez sus valiosos comentarios al borrador inicial, así como su contribución en la edición técnica del presente artículo; los aciertos o errores son responsabilidad de los autores.

Referencias

- Abdul-Razak, M. y Kruse, S. (2017). The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. *Climate Risk Management*, 17, 104-122. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.06.001>
- Akamani, K., Wilson, P. I. y Hall, T. E. (2015). Barriers to collaborative forest management and implications for building the resilience of forest-dependent communities in the Ashanti region of Ghana. *Journal of Environmental Management*, 151, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.006>
- Asociación de Servicios Comunitarios de Salud e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2014). *Estudio de impacto sobre la variabilidad climática en la producción agrícola y medidas de adaptabilidad en 10 comunidades rurales de Guatemala*. Cholsamaj.
- Bele, M. Y., Tiani, A. M., Somorin, O. A. y Sonwa, D. J. (2013). Exploring vulnerability and adaptation to climate change of communities in the forest zone of Cameroon. *Climatic Change*, 119, 875-889. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0738-z>
- Biota, S. A. y The Nature Conservancy. (2014). *Análisis de la vulnerabilidad ante el cambio climático en el altiplano occidental de Guatemala*.
- Casey, R., Pritchard, R., McNicol, I., Owen, M., Fisher, J. y Lehmann, C. (2016). Ecosystem services from southern African woodlands and their future under global change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371(1703). <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0312>
- Chanza, N., Chigona, A., Nyahuye, A., Mataera-Chanza, L., Mundoga, T. y Nondo, N. (2018). Diagnosing barriers to climate change adaptation at community level: reflections from Silobela, Zimbabwe. *GeoJournal*, 84, 771-783. <https://doi.org/10.1007/s10708-018-9890-3>
- Cumming, G. (2011). *Spatial resilience in social-ecological systems*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0307-0>
- Di Rienzo, J. A., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2015). *InfoStat versión 2015 [software]*. Grupo InfoStat, FCA y Universidad Nacional de Córdoba.
- Eckstein, D., Künzel, V. y Schäfer, L. (2017). *Global climate risk index 2018: who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2016 and 1997 to 2016*. <https://www.germanwatch.org/sites/default/files/publication/20432.pdf>

- Eckstein, D., Künzel, V., Schäfer, L. y Wings, M. (2020). *Global climate risk index 2020. Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2018 and 1999 to 2018*. GermanWatch. https://www.germanwatch.org/sites/default/files/20-2-01e%20Global%20Climate%20Risk%20Index%202020_14.pdf
- EM-DAT. (2020). *The Emergency Events Database*. Universite Catholique de Louvain–CRED, D. Guha-Sapir. www.emdat.be
- EM-DAT. (2024). *The Emergency Events Database*. Universite Catholique de Louvain–CRED, D. Guha-Sapir. www.emdat.be
- Estrada, L. N. (2017). *Simplifying complexity: assessment of composite indices of climate change adaptation, with an application to northern and western Guatemala* [disertación para el grado de Doctorado en Filosofía, State University of New York, College of Environmental Science and Forestry].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). *Resilience index. Measurement and analysis model technical brief*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). *Assessing climate resilience of smallholder farmers and pastoralists. The SHARP tool in action*. https://www.fao.org/agriculture/crops/noticias-eventos-boletines/detail/es/item/289435/icode/?no_cache=1
- Gallopín, G. C. (1994). *Impoverishment and sustainable development: a systems approach*. International Institute of Sustainable Development.
- Gallopín, G. C. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
- Giddens, A. (2009). *The politics of climate change*. Polity Press.
- Goulden, M. C., Adger, W. N., Allison, E. H. y Conway, D. (2013). Limits to resilience from livelihood diversification and social capital in lake social-ecological systems. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(4), 906-924. <https://doi.org/10.1080/00045608.2013.765771>

- Huynh, L. T. M. y Stringer, L. C. (2018). Multi-scale assessment of social vulnerability to climate change: an empirical study in coastal Vietnam. *Climate Risk Management*, 20, 165-180. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.02.003>
- IBM Corp. (2016). *IBM SPSS Statistics for Windows, versión 24.0* [software].
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico*. Universidad Rafael Landívar.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2012). *Perfil Ambiental Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Universidad Rafael Landívar. <http://www.infoiarna.org.gt/publicacion/perfil-ambiental-de-guatemala-2010-2012-vulnerabilidad-local-y-creciente-construccion-de-riesgo/>
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2014). *Resultados del índice de adaptación al cambio climático (IACC) en las unidades territoriales de desarrollo comunitario (UTDC) en las regiones del altiplano occidental y norte del país (Petén y Alta Verapaz) donde se desarrollan programas de USAID/Guatemala*. Universidad Rafael Landívar.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2016). Índice de adaptación al cambio climático. Cuadro de resultados para cada Unidad Territorial de Desarrollo Comunitario (UTDC), segunda evaluación [archivo en Excel]. Universidad Rafael Landívar.
- Instituto Nacional de Estadística. (2018). *Boletín de Homicidios de Guatemala 2018*. <https://www.ine.gov.gt/sistema/uploads/2019/09/11/20190911215105QL4dMFKD-wxMZkfk1gTiHClmLsdYdyRgL.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Chapter 1. Point of departure and key concepts. En *IPCC sixth assessment report. Impacts, adaptation and vulnerability* (pp. 121-196). https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter01.pdf
- International Geosphere-Biosphere Programme. (2013). *2011 Climate Change Index*. <http://www.igbp.net/globalchange/climatechangeindex.4.56b5e28e137d-8d8c09380002241.html>

- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems. A primer*. Earthscan.
- Measham, T. G., Preston, B. L., Smith, T. F., Brooke, C., Gorddard, R., Withycombe, G. y Morrison, C. (2011). Adapting to climate change through local municipal planning: barriers and challenges. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 16, 889-909. <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9301-2>
- Meyiwa, T., Maseti, T., Ngubane, S., Letsekha, T. y Rozani, C. (2014). Women in selected rural municipalities: resilience and agency against vulnerabilities to climate change. *Agenda*, 28(3), 102-114. <https://doi.org/10.1080/10130950.2014.955686>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2005). *Atlas temático de Guatemala* [disco compacto].
- Moser, S. C. y Ekstrom, J. A. (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *PNAS*, 107(51), 22026-22031. <https://doi.org/10.1073/pnas.100788710>
- Pasquini, L., Ziervogel, G., Cowling, R. M. y Shearing, C. (2015). What enables local governments to mainstream climate change adaptation? Lessons learned from two municipal case studies in the Western Cape, South Africa. *Climate and Development*, 7(1), 60-70. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.886994>
- Robledo, C., Clot, N., Hammill, A. y Riché, B. (2012). The role of forest ecosystems in community-based coping strategies to climate hazards: three examples from rural areas in Africa. *Forest Policy and Economics*, 24, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.04.006>
- Seidl, R., Spies, T. A., Peterson, D. L., Stephens, S. L. y Hicke, J. A. (2016). Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 120-129. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12511>
- Sönke, K., Eckstein, D., Dorsch, L. y Fischer, L. (2016). *Global climate risk index 2016: who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2014 and 1995 to 2014* (J. Chapman-Rose, D. Kier y D. Baum, eds.). Germanwatch e. V. <https://www.germanwatch.org/sites/default/files/publication/13503.pdf>
- Sullivan, C. A. y Huntingford, C. (2009, 13-17 de julio). *Water resources, climate change and human vulnerability*. 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia. http://mssanz.org.au/modsim09/113/sullivan_ca.pdf

- The Nature Conservancy. (2015). *Conocimientos tradicionales para la adaptación al cambio climático en el altiplano occidental de Guatemala*. https://www.asocuch.com/wp-content/uploads/2020/06/Conocimientos-Tradicionales-Cambio-Climático_TNC.pdf
- Tibbetts, J. R. y van Proosdij, D. (2013). Development of a relative coastal vulnerability index in a macro-tidal environment for climate change adaptation. *J Coast Conserv*, 17, 775-797.
- Tittonell, P. (2014). Livelihood strategies, resilience and transformability in African agroecosystems. *Agricultural Systems*, 126, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.10.010>
- United Nations Development Programme. (2013). *Community based resilience assessment (CoBRA): conceptual framework and methodology*. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/CoBRRA_Conceptual_Framework.pdf
- Van Assche, K., Verschraegen, G., Valentinov, V. y Gruezmacher, M. (2019). The social, the ecological, and the adaptive. Von Bertalanffy's general system theory and the adaptive governance of social-ecological systems. *System Research and Behavioral Science*, 36(3), 308-321.
- XLSTAT. (2017). *XLSTAT by Lumivero [software]*. <https://www.xlstat.com/es/>

Apéndice

Descripción de los indicadores del IACC adaptado para comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala

Criterios	Indicador	Unidad de medida	Descripción
Socioeconómicos	Riqueza en el hogar	1.1 Condición de pobreza general (riqueza)/ingreso per cápita	«Es la condición de pobreza general para cada individuo de cada uno de los hogares beneficiarios y no beneficiarios ubicados en la UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 34).
		1.2 Acceso a crédito	«Se refiere al porcentaje de los hogares que tienen acceso a crédito en la UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 38).
		1.3 Asistencia técnica	«Es el porcentaje de hogares que recibe asistencia técnica para sus procesos productivos, ya sea de instituciones públicas o privadas» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 39).
		1.4 Escolaridad	«Se refiere al promedio de años de escolaridad de personas adultas que tiene cada UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 44).
		1.5 Necesidades básicas insatisfechas (NBI): salud, educación, agua, saneamiento, infraestructura versus necesidades básicas satisfechas (NBS) (valor invertido)	Este indicador revela el déficit social prevaleciente en el país y permite dimensionar, cuantificar y situar geográficamente los hogares guatemaltecos con necesidades básicas insatisfechas en cuanto a calidad y condiciones de vivienda, disponibilidad de agua y de servicios sanitarios, acceso a la educación y capacidad económica de los hogares. El dato a incluir en el índice de adaptación al cambio climático es el porcentaje de los hogares con por lo menos una necesidad básica insatisfecha. (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 50)
		1.6 Índice de electrificación	«Es el porcentaje de los hogares que tienen servicios de electricidad, ya sea que provenga de una red pública o privada» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 49).
		1.7 Diversidad de fuentes de ingreso económico	«Se refiere al número de fuentes de ingreso que un hogar posee para suplir sus necesidades» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 57).

Criterios	Indicador	Unidad de medida	Descripción
Socioeconómicos	2.1 Acceso a salud	médicos/ 1000 habitantes	«Mide el grado en que cada municipio tiene acceso a la salud en función de la cantidad de médicos que puedan existir por un número determinado de habitantes» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 40).
	2.2 Criminalidad	homicidios, asaltos/ 100 000 habitantes	«Se refiere al número de homicidios y asaltos que ocurren» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 48).
	2.3 Prevalencia de enfermedades (salud)	n.º de enfermos/1000 habitantes	«Se refiere a una relación del número de enfermos de diarrea y/o disentería amebiana y respiratorias por cada 1000 habitantes de cada municipio para un año determinado» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 51).
	2.4 Empoderamiento de la mujer	índice	«Mide el grado de empoderamiento de la mujer en la toma de decisiones a nivel del desarrollo del hogar» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 53).
	2.5 Nivel de participación en organizaciones prodesarrollo	% de población	«Es el porcentaje de los hogares que participa en una o más formas de organización social que busca el desarrollo comunitario» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 54).
Capacidad de respuesta municipal	3.1 Inversión municipal	%	«Se refiere a la relación del gasto social con respecto al gasto total de cada municipio» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 36).
	3.2 Gasto ambiental/adaptación	%	«Es la proporción que representa el gasto ambiental y de gestión de riesgos con respecto al gasto total de cada municipio» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 37).
	3.3 Gasto para la gestión del agua	Q	«Se refiere al porcentaje del valor de la inversión municipal que el municipio hace en materia de gasto para la gestión del agua» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 41).
	3.4 Conocimiento sobre adaptación	presencia, ausencia de planes de contingencia	«Evalúa el grado de conocimiento que cada municipio tiene sobre la problemática del cambio climático y la presencia de planes de contingencia» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 42).
	3.5 Plan de ordenamiento territorial explícito y en ejecución	presencia, ausencia de planes de ordenamiento territorial (POT) en ejecución	«Evalúa la existencia de POT y si estos se encuentran en ejecución» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 43).

Criterios	Indicador	Unidad de medida	Descripción
Territorio	4.1 Disponibilidad de agua	m ³ /año	«Es la disponibilidad neta de agua después de haber realizado el balance hídrico en cada municipio y referida con respecto a la superficie de la UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 33).
	4.2 Cobertura forestal	% del área	«Se refiere al porcentaje del área que se encuentra cubierto por bosques» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 35).
	4.3 Agricultores que aplican medidas de conservación de suelos	% de los agricultores	«Es el porcentaje de los agricultores que aplican medidas de conservación de suelos en sus áreas de producción agropecuaria» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 45).
	4.4 Áreas protegidas legalmente establecidas	% del territorio	«Se refiere al porcentaje del área de la UTDC bajo alguna categoría protegida» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 46).
	4.5 Conflictos de uso del suelo	% de sobreuso	«Se refiere al porcentaje de la UTDC que se encuentra sobreutilizada» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 47).
	4.6 Nivel de riesgo (nivel de amenazas)	n.º de amenazas	Se refiere al número de amenazas (o a la combinación de las mismas) asociadas al cambio climático que puedan ocurrir dentro de una UTDC. Las amenazas que el mapa elaborado por el Iarna toma en cuenta deslizamientos, inundaciones, sequías y heladas, así como las diferentes combinaciones de las anteriores (seguía + deslizamientos; sequías + inundaciones, etc.). (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 52)
	4.7 Diversidad actual y potencial de agrosistemas	índice	«Se refiere a un índice integrado a partir del número y tamaño de cada uno de los agrosistemas identificados en las UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 55).
	4.8 Densidad de ecosistemas naturales	% del territorio con bosques densos	«Se refiere al porcentaje de la UTDC que se encuentra cubierto por ecosistemas naturales densos. Se entiende como ecosistema denso, aquel que posee un área de bosque natural continuo o igual o mayor a 500 ha» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 56).

Fuente: elaboración propia con base en datos del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2014).